



REC'D 15 JUN 2004  
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 26 046.3

**Anmeldetag:** 10. Juni 2003

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Einspritzdüse für Brennkraftmaschine

**IPC:** F 02 M 47/00

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 11. Mai 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hoiß

23.04.03

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Einspritzdüse für Brennkraftmaschinen

Stand der Technik

15 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einspritzdüse für  
Brennkraftmaschinen mit den Merkmalen des Oberbegriffs des  
Anspruchs 1.

20 Eine derartige Einspritzdüse ist beispielsweise aus der  
DE 100 60 836 C1 bekannt und besitzt einen Düsenkörper, der  
mindestens ein Spritzloch aufweist. Der Düsenkörper enthält  
außerdem eine Nadelführung, in der eine Düsennadel geführt  
ist. Mit der Düsennadel ist die Einspritzung von Kraftstoff  
durch das wenigstens eine Spritzloch steuerbar. Bei der  
bekannten Einspritzdüse ist in einer Zuführungsleitung, die  
dem wenigstens einen Spritzloch unter Hochdruck stehenden  
Kraftstoff zuführt, ein Steuerventil angeordnet, mit dem die  
Kraftstoffzuführung durch die Zuführungsleitung zu dem  
wenigstens einen Spritzloch gesteuert werden kann. Dieses  
Steuerventil ist zu seiner Betätigung mit einem Aktor  
30 antriebsgekoppelt. Die Düsennadel trägt an ihrem vom  
wenigstens einen Spritzloch abgewandten Ende einen  
Steuerkolben, der in einem Steuerraum hubverstellbar geführt  
ist. Dieser Steuerraum kommuniziert zum einen mit der mit  
dem Steuerventil steuerbaren Zuführungsleitung. Zum anderen  
35 geht vom Steuerraum eine zweckmäßig gedrosselte

R. 304750

Ablaufleitung ab, die zu einem Leckölraum führt und die mit einem Schieber steuerbar ist. Dieser Schieber bildet dabei einen Bestandteil des Steuerventils und wird somit gemeinsam mit dem Steuerventil vom Aktor betätigt. Die Düsenadel 5 besitzt an ihrem dem wenigstens einen Spritzloch zugewandten Ende eine Druckstufe, die bei einer Druckbeaufschlagung in Öffnungsrichtung der Düsenadel wirkt.

Bei einer Nichtansteuerung des Aktuators schließt das 0 Steuerventil die Zuführungsleitung und der Schieber öffnet die Ablaufleitung. Die Düsenadel ist dann mittels Federkraft in ihre Schließstellung vorgespannt; das wenigstens eine Spritzloch ist somit geschlossen.

Bei einer Teilansteuerung des Aktors hebt das Steuerventil 5 vom zugehörigen Sitz ab, wodurch die Zuführungsleitung geöffnet ist und an der Druckstufe der Düsenadel der hohe Kraftstoffdruck angreifen kann. Im Steuerraum kann sich dabei der hohe Kraftstoffdruck nicht aufbauen, da die 10 Ablaufleitung noch offen ist. Dementsprechend überwiegen an der Düsenadel die Öffnungskräfte, so dass die Düsenadel öffnet und eine Einspritzung stattfindet.

Bei einer Vollansteuerung des Aktors öffnet das Steuerventil 30 weiter und der Schieber sperrt die Ablaufleitung. Dementsprechend kann sich nun auch im Steuerraum der hohe Kraftstoffdruck aufbauen, so dass nunmehr die Schließkräfte an der Düsenadel überwiegen und diese in die Schließstellung antreiben. Der hierbei erforderliche Aufwand zum Betätigen der Düsenadel ist relativ groß.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Einspritzdüse mit den Merkmalen des 35 unabhängigen Anspruchs hat dem gegenüber den Vorteil, dass

R. 304750

die Düsennadel durch die Betätigung des Steuerkolbens direkt gesteuert werden kann. Ermöglicht wird dies dadurch, dass sowohl an einer Kompensatorfläche der Düsennadel als auch an einer Steuerfläche des Steuerkolbens der hohe Kraftstoffdruck anliegt, wobei die Steuerfläche und die Kompensatorfläche über einen entsprechenden Hydraulikpfad miteinander gekoppelt sind. Das bedeutet, dass eine Druckänderung an der Steuerfläche, die durch eine Betätigung des Aktors, also des Steuerkolbens ausgelöst wird, auch direkt an der Kompensatorfläche der Düsennadel wirksam ist, wodurch sich direkt das Kräftegleichgewicht an der Düsennadel zum Öffnen bzw. zum Schließen der Düsennadel ändert. Der Aufwand zur Realisierung einer derartigen direkten Düsennadelsteuerung ist erheblich reduziert.

Von besonderem Vorteil ist eine Ausführungsform, bei welcher die Düsennadel eine Druckstufe aufweist, die erfindungsgemäß permanent mit der Zuführungsleitung hydraulisch verbunden ist. Auf diese Weise herrscht an der Düsennadel stets eine in Öffnungsrichtung gerichtete Kraftkomponente, die zur Unterstützung der Öffnungsbewegung der Düsennadel unmittelbar zur Verfügung steht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann der Steuerkolben zum Öffnen der Düsennadel so betätigt werden, dass an der der Düsennadel zugeordneten ersten Kompensatorfläche der anliegende Druck abfällt. Bei dieser Ausführungsform treibt der Aktor den Steuerkolben in diejenige Richtung an, in welche die dem Steuerkolben zugeordnete erste Steuerfläche durch den daran anliegenden Kraftstoffhochdruck ohnehin vorgespannt ist. D.h. durch die Betätigung des Aktors gibt die erste Steuerfläche in Richtung der daran angreifenden Druckkräfte nach. Folglich muss der Aktor keine Stellkräfte erzeugen, sondern lediglich eine hinreichend schnelle Verstellung des Steuerkolbens

R. 304750

bewirken. Diese Ausführungsform ist von Vorteil, da der Kraftstoff bei modernen Einspritzanlagen zwischenzeitlich mit sehr hohen Drücken, z.B. 800 bar (???), über die Zuführungsleitung dem wenigstens einen Spritzloch zugeführt wird.

Eine zweckmäßige Weiterbildung charakterisiert sich dadurch, dass der Steuerkolben über eine Antriebsstange mit dem Aktor antriebsgekoppelt ist, wobei der Aktor als Hohlaktor ausgebildet ist, durch den die Antriebsstange zentral hindurchgeführt ist. Die Antriebsstange trägt an einer vom Steuerkolben abgewandten Seite des Aktors einen vom Aktor antreibbaren Antriebskolben, wobei der Aktor so ausgebildet und angeordnet ist, dass er bei seiner Betätigung den Antriebskolben in einer Öffnungshubrichtung der Düsenadel antreibt. Durch die vorgeschlagene Bauweise ist es möglich, den Steuerkolben in der Öffnungsrichtung der Düsenadel anzutreiben, was zur Erzeugung eines Druckabfalls an der ersten Steuerfläche vorteilhaft sein kann.

Bei einer speziellen Ausführungsform können die erste Steuerfläche und die erste Kompensatorfläche in einem gemeinsamen Umsetzraum angeordnet sein, wobei dann der Steuerkolben und der Kompensatorkolben koaxial ineinander geführt sind. Bei dieser Ausführungsform ist der erste Hydraulikpfad extrem kurz, da er quasi noch innerhalb des Umsetzraums realisiert ist. Die Düsenadel wird dadurch besonders direkt angesteuert.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteil der erfindungsgemäßen Einspritzdüse ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Einspritzdüse sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen. Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 bis 5 jeweils einen stark vereinfachten Prinzip-Längsschnitt durch eine Einspritzdüse nach der Erfindung, bei unterschiedlichen Ausführungsformen.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Entsprechend Fig. 1 besitzt eine erfindungsgemäße Einspritzdüse 1 einen Düsenkörper 2, der mit wenigstens einem Spritzloch 3 ausgestattet ist. Es ist klar, dass der Düsenkörper 2 regelmäßig mehr als ein Spritzloch 3 aufweist. Durch das wenigstens eine Spritzloch 3 kann die Einspritzdüse 1 Kraftstoff in einen Brennraum oder Gemischbildungsraum 4 einspritzen. Zur Steuerung des wenigstens einen Spritzlochs 3 enthält der Düsenkörper 2 eine einzige Düsennadel 5, die im Düsenkörper 2 in einer Nadelführung 6 hubverstellbar geführt ist. Die Düsennadel 5 wirkt an ihrer, dem wenigstens einen Spritzloch 3 zugewandten Düsenspitze 7 mit einem Dichtsitz 8 zusammen, der im Düsenkörper 2 ausgebildet ist und üblicherweise eine Kreisringform besitzt.

Im Düsenkörper 2 ist eine Zuführungsleitung 9 ausgebildet, die im Düsenkörper 2 zu einem Düsenraum 10 führt und mit Kraftstoff versorgt wird, der unter einem hohen Druck steht. Üblicherweise ist die Zuführungsleitung 9 an eine für mehrere Einspritzdüsen 1 gemeinsame Hochdruckleitung angeschlossen, sogenanntes „Common-Rail-Prinzip“. Die

gemeinsame Hochdruckleitung wird dabei mittels einer gemeinsamen Hochdruckpumpe gespeist. Ebenso ist es möglich, auf andere Weise die Zuführungsleitung 9 mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff zu versorgen. Beispielsweise kann die Zuführungsleitung 9 direkt an eine Hochdruckpumpe angeschlossen sein.

Der Düsenraum 10 ist über einen Ringraum 11 mit dem wenigstens einen Einspritzloch 3 verbindbar, wobei zwischen dem Ringraum 11 und dem wenigstens einen Spritzloch 3 der Dichtsitz 8 angeordnet ist. Die Düsennadel 5 besitzt im Düsenraum 10 und im Ringraum 11 eine Druckstufe 12, die dem wenigstens einen Spritzloch 3 zugewandt ist. Die Druckstufe 12 ist die Differenz aus einer Führungsfläche 13 im Querschnitt der Nadelführung 6 abzüglich einer Dichtfläche 14 im Dichtsitz 8. Im Betrieb der Einspritzdüse 1 liegt an der Druckstufe 12 permanent der Kraftstoffhochdruck an, so dass die Düsennadel 5 mit einer Öffnungskraft, die in ihrer durch einen Pfeil symbolisierten Öffnungsrichtung 15 wirkt, belastet ist.

Der Düsennadel 5 ist eine erste Kompensatorfläche 16 zugeordnet, die zur Einleitung von Druckkräften in die Düsennadel 5 dient. Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform ist die erste Kompensatorfläche 16 an der Düsennadel 5 selbst ausgebildet, und zwar an einer von dem wenigstens einen Spritzloch 3 abgewandten Seite. Dementsprechend wirkt die erste Kompensatorfläche 16 bei einer Druckbeaufschlagung in einer durch einen Pfeil symbolisierten Schließrichtung 17 der Düsennadel 5. Die erste Kompensatorfläche 16 ist hier größer als die Druckstufe 12, so dass es zum Schließen bzw. zum Geschlossenhalten der Düsennadel 5 ausreicht, an der ersten Kompensatorfläche 16 den Kraftstoffhochdruck anzulegen.

R. 304750

Die Einspritzdüse 1 enthält außerdem einen Steuerkolben 18, der mit einem Aktor 19 antriebsgekoppelt ist. Der Aktor oder Aktuator 19 dient zum Verstellen des Steuerkolbens 18 und kann beispielsweise als Piezzoaktuator ausgebildet sein. Der 5 Aktor 19 treibt dabei einen Antriebskolben 39 an, der fest mit einer Antriebsstange 40 verbunden ist, die ihrerseits fest mit dem Steuerkolben 18 verbunden ist. Grundsätzlich sind jedoch auch andere Antriebskopplungen zwischen Aktor 19 und Steuerkolben 18 durchführbar.

Der Steuerkolben 18 ist in einer Steuerkolbenführung 20 hubverstellbar im Düsenkörper 2 gelagert und besitzt eine erste Steuerfläche 21. Im Düsenkörper 2 ist ein erster Hydraulikpfad 22 ausgebildet, der die erste Steuerfläche 21 hydraulisch mit der ersten Kompensatorfläche 16 koppelt. Unter einer hydraulischen Kopplung wird im vorliegenden Fall eine Druckübertragungsstrecke verstanden, die den an der ersten Steuerfläche 21 anliegenden Druck bis zur ersten Kompensatorfläche 16 übertragen kann und umgekehrt.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 ist die erste Steuerfläche 21 in einem ersten Steuerraum 23 angeordnet und darin mit einem Druck beaufschlagbar. In entsprechender Weise ist auch die erste Kompensatorfläche 16 in einem ersten Kompensatorraum 24 angeordnet und dort mit einem Druck beaufschlagbar. Der erste Steuerraum 21 kommuniziert mit dem ersten Kompensatorraum 24 über eine Verbindungsleitung 25. Im vorliegenden Fall führt der erste Hydraulikpfad 22 somit durch den ersten Steuerraum 23, die Verbindungsleitung 25 und den ersten Kompensatorraum 24.

Im ersten Kompensatorraum 24 ist außerdem eine Rückstellfeder 26 angeordnet, die sich einenends am Düsenkörper 2 und anderenends an der ersten

Kompensatorfläche 16 abstützt und die Düsennadel 5 in deren Schließrichtung 17 antreibt.

Die erste Steuerfläche 21 ist am Steuerkolben 18 an einer 5 vom wenigstens einen Spritzloch 3 abgewandten Seite angeordnet. Der Steuerkolben 18 ist bei der hier gezeigten Ausführungsform außerdem mit einer zweiten Steuerfläche 27 ausgestattet, die der ersten Steuerfläche 21 gegenüber liegt und somit dem wenigstens einen Spritzloch 3 zugewandt ist.

0 Die zweite Steuerfläche 27 ist in einem zweiten Steuerraum 28 angeordnet und dort mit einem Druck beaufschlagbar. Der zweite Steuerraum 28 kommuniziert mit der Zuführungsleitung 9, so dass im zweiten Steuerraum 28 der Kraftstoffhochdruck herrscht.

5 Im Düsenkörper 2 ist außerdem ein zweiter Hydraulikpfad 29 ausgebildet, über den der erste Steuerraum 23 mit dem zweiten Steuerraum 28 bzw. mit der Zuführungsleitung 9 hydraulisch gekoppelt ist. Das bedeutet, dass der 10 Kraftstoffhochdruck der Zuführungsleitung 9 bzw. des zweiten Steuerraums 28 auch im ersten Steuerraum 23 herrscht. Bei der hier gezeigten speziellen Ausführungsform ist radial zwischen dem Steuerkolben 18 und der Steuerkolbenführung 20 ein Steuerkolbenbypass 30 ausgebildet, der den ersten Steuerraum 23 mit dem zweiten Steuerraum 28 verbindet.

25 Dieser Steuerkolbenbypass 30 kann beispielsweise durch eine im Steuerkolben 18 und/oder in der Steuerkolbenführung 20 ausgebildete axiale Nut oder durch ein entsprechendes Radialspiel zwischen Steuerkolben 18 und Steuerkolbenführung 30 ausgebildet sein. Der Steuerkolbenbypass 30 stellt dabei eine gedrosselte Verbindung zwischen den beiden Steuerräumen 23 und 28 her. Das bedeutet, dass der Steuerkolbenbypass 30 bei statischen Zuständen, also bei stehendem oder nur geringer Geschwindigkeit verstelltem Steuerkolben 18 einen 35 Druckausgleich zwischen den Steuerräumen 23 und 28

ermöglicht. Bei dynamischen Vorgängen, also bei Stellbewegungen des Steuerkolbens 18 mit vergleichsweise hoher Stellgeschwindigkeit kann der gedrosselte Steuerkolbenbypass 30 einen Druckausgleich zwischen den Steuerräumen 23 und 28 nur deutlich verzögert ermöglichen.

Die erfindungsgemäße Einspritzdüse 1 entsprechend der Ausführungsform gemäß Fig. 1 arbeitet wie folgt:

In einem in Fig. 1 gezeigten Ausgangszustand ist der Aktor 19 unbetätigt, so dass der Steuerkolben 18 still steht. Die Zuführungsleitung 9 ist mit dem Kraftstoffhochdruck beaufschlagt, so dass der hohe Kraftstoffdruck auch im Düsenraum 10, im Ringraum 11 sowie im zweiten Steuerraum 28 herrscht. Im statischen Zustand kann der zweite Hydraulikpfad 29 einen Druckausgleich zwischen den Steuerräumen 23 und 28 ermöglichen, so dass dementsprechend auch im ersten Steuerraum 23 der Kraftstoffhochdruck herrscht. Über den ersten Hydraulikpfad 22 herrscht der Kraftstoffhochdruck folglich dann auch im ersten Kompensatorraum 24. An der Düsennadel 5 wirkt zum einen in Schließrichtung 17 der Brennstoffhochdruck mit der ersten Kompensatorfläche 16 zusammen. Zum andern wirkt der Kraftstoffhochdruck im Düsenraum 10 und im Ringraum 11 mit der Druckstufe 12 in der Öffnungsrichtung 15 zusammen. Da die erste Kompensatorfläche 16 größer ist als die Druckstufe 12 ergibt sich an der Düsennadel 5 insgesamt eine in Schließrichtung 17 wirksame resultierende Kraft. Darüber hinaus wirkt auch die Rückstellfeder 26 in der Schließrichtung 17 auf die Düsennadel 5 ein. Dementsprechend ist die Düsennadel 15 an ihrer Nadelspitze 17 in den Dichtsitz 8 gedrückt. Die Düsennadel 5 ist somit geschlossen und trennt das wenigstens eine Spritzloch 3 vom Ringraum 11 bzw. von der Kraftstoffzuführung 9 ab.

Um eine Kraftstoffeinspritzung durch das wenigstens eine Spritzloch 3 in den Brennraum 4 zu erzeugen, wird der Aktor 19 betätigt, wodurch dieser den Steuerkolben 18 zur Durchführung eines durch einen Pfeil symbolisierten Öffnungshubs 31 antreibt. Durch den Öffnungshub 31, der mit einer relativ hohen Stellgeschwindigkeit durchgeführt wird, verkleinert sich zum einen das Volumen des zweiten Steuerraums 28. Der dadurch verdrängte Kraftstoff kann in die Zuführungsleitung 9 entweichen. Durch den Öffnungshub 31 vergrößert sich zum andern das Volumen des ersten Steuerraums 23. Da der zweite Hydraulikpfad 29 bei dynamischen Vorgängen keinen oder nur einen verzögerten Druckausgleich zwischen den Steuerräumen 23 und 28 ermöglicht, kommt es folglich im ersten Steuerraum 23 zu einem Druckabfall. Dieser Druckabfall pflanzt sich über den ersten Hydraulikpfad 22 direkt in den ersten Kompensatorraum 24 fort, so dass an der ersten Kompensatorfläche 16 nur noch ein reduzierter Druck wirksam ist. Der Öffnungshub 31 ist dabei so gewählt, dass sich durch den Druckabfall an der ersten Kompensatorfläche 16 die Kräftebilanz an der Düsennadel 5 soweit ändert, dass nunmehr eine in Öffnungsrichtung 15 wirksame resultierende Kraft entsteht. Das bedeutet, dass der nach wie vor an der Druckstufe 12 wirksame Kraftstoffhochdruck an der Düsennadel 5 überwiegt. Dementsprechend hebt die Düsennadel 5 vom Sitz 8 ab, d.h., die Düsennadel 5 öffnet. Dementsprechend kann nun Kraftstoff unter hohem Druck bis zum wenigstens einen Spritzloch 3 gelangen und von diesem in den Brennraum 4 eindüsen.

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird der Aktor 19 wieder zurückgestellt. Dementsprechend verkleinert sich das Volumen im ersten Steuerraum 23, mit der Folge, dass im ersten Steuerraum 23 der Druck ansteigt. Dieser Druckanstieg pflanzt sich durch den ersten Hydraulikpfad 22 wieder bis zur ersten Kompensatorfläche 16 fort. Der hierbei

entstehende Druck kann durchaus über dem Kraftstoffhochdruck liegen. Desweiteren unterstützt auch die Rückstellfeder 26 die Schließbewegung der Düsenadel 5. Insgesamt ergibt sich an der Düsenadel 5 jedenfalls eine in Schließrichtung 17 wirksame resultierende Kraft. Es ist klar, dass das Öffnen und Schließen der Düsenadel 5 innerhalb sehr kurzer Zeit, also mit einer hohen Dynamik erfolgt, so dass über den zweiten Hydraulikpfad 29 zwar in geringen Maßen Kraftstoff vom zweiten Steuerraum 28 in den ersten Steuerraum 23 überströmen kann, jedoch keinesfalls soviel, dass sich im ersten Steuerraum 23 dadurch ein das Schließen der Düsenadel 5 bewirkender Druckanstieg ausbilden kann.

Die Einspritzdüse 1 entsprechend Fig. 1 zeichnet sich durch einen besonders einfachen Aufbau aus, der außerdem eine direkte Ansteuerung der Düsenadel 5 über den Steuerkolben 8 ermöglicht. Wichtig ist dabei, dass auch bei geschlossener Düsenadel 5 an deren Druckstufe 12 der Kraftstoffhochdruck wirksam ist. Vorteilhaft ist bei dieser Ausführungsform außerdem, dass die erste Kompensatorfläche 16 bei einer Druckbeaufschlagung in der Schließrichtung 17 wirkt, so dass zum Öffnen der Düsenadel 5 lediglich eine Druckabsenkung an der ersten Kompensatorfläche 16 erforderlich ist. Die zur Erzeugung einer Druckabsenkung erforderlichen Kräfte sind jedoch vergleichsweise gering, so dass insgesamt sehr kurze Stellzeiten realisierbar sind.

Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1, wobei wegen der Übereinstimmungen mit dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 hinsichtlich Bauteilen und Funktionen auf das betreffend zu Fig. 1 gesagte verwiesen und nachfolgend im wesentlichen nur die Unterschiede erläutert werden.

Entsprechend Fig. 2 ist bei dieser Ausführungsform der Einspritzdüse 1 die erste Kompensatorfläche 16 an einem Kompensatorkolben 32 ausgebildet, der in einer Kompensatorkolbenführung 33 im Düsenkörper 2 hubverstellbar geführt ist und der mit der Düsennadel 5 antriebsgekoppelt ist. Vorzugsweise ist der Kompensatorkolben 32 fest mit der Düsennadel 5 verbunden und kann insbesondere mit dieser einstückig oder einteilig hergestellt sein. Ebenso ist es grundsätzlich möglich, Düsennadel 5 und Kompensatorkolben 32 so anzuordnen, dass sie stirnseitig aneinander anliegen, ohne fest miteinander verbunden zu sein. Die herrschenden Druckverhältnisse können dabei bewirken, dass sich Düsennadel 5 und Kompensatorkolben 32 gemeinsam verstetzen, wobei stets Kräfte angreifen, welche die beiden Komponenten an ihren Stirnseiten aneinander drücken.

Desweiteren ist hier bemerkenswert, dass die erste Kompensatorfläche 16 wie die Druckstufe 12 dem wenigstens einen Spritzloch 3 zugewandt ist und somit bei einer Druckbeaufschlagung in der Öffnungsrichtung 15 wirkt. Der Kompensatorkolben 32 weist an einer vom wenigstens einen Spritzloch 3 abgewandten Seite eine zweite Kompensatorfläche 34 auf, die dementsprechend der ersten Kompensatorfläche 16 gegenüberliegt. Die zweite Kompensatorfläche 34 ist in einem zweiten Kompensatorraum 35 angeordnet und dort mit einem Druck beaufschlagbar. Der zweite Kompensatorraum 35 kommuniziert mit der Zuführungsleitung 9, so dass im zweiten Kompensatorraum 35 permanent der Kraftstoffhochdruck herrscht. Der an der zweiten Kompensatorfläche 34 wirksame Kraftstoffhochdruck erzeugt eine in Schließrichtung 17 wirksame Kraft an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsennadel 5.

Der erste Hydraulikpfad 22 führt auch hier wieder von der ersten Kompensatorfläche 16 durch den ersten Kompensatorraum

24, durch die Verbindungsleitung 25 und durch den ersten Steuerraum 23 zur ersten Steuerfläche 21. Der zweite Hydraulikpfad 29 koppelt zwar die erste Steuerfläche 21 mit der Zuführungsleitung 9, führt bei dieser Ausführungsform jedoch durch eine Einspeisleitung 36, in der ein Einspeisventil 37 angeordnet ist. Das Einspeisventil 37 ist hier als Rückschlagsperrventil ausgebildet, das zur Zuführungsleitung 9 hin sperrt und zum ersten Steuerraum 23 hin öffnet und das außerdem in seine Sperrichtung federbelastet ist.

Desweiteren ist bei dieser Ausführungsform eine weiter Feder 38 gezeigt, die zur Rückstellung des Steuerkolbens 18 dient und sich einerseits am Düsenkörper 2 und andererseits am Antriebskolben 39 abstützt.

Die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1 arbeitet wie folgt:

In dem in Fig. 2 gezeigten Ausgangszustand ist die Düsennadel 5 geschlossen, d.h. die Nadelspitze 7 sitzt im Dichtsitz 8 und trennt dadurch das wenigstens eine Spritzloch 3 von der Zuführungsleitung 5. Im Ausgangszustand ermöglicht die Einspeisleitung 36 einen Druckausgleich zwischen der Zuführungsleitung 9 und dem ersten Steuerraum 23, so dass im ersten Steuerraum 23 im wesentlichen der Kraftstoffhochdruck herrscht. Über den ersten Hydraulikpfad 22 steht der Kraftstoffhochdruck auch an der ersten Kompensatorfläche 16 an. Desweiteren herrscht im zweiten Kompensatorraum 35 permanent der Kraftstoffhochdruck, so dass dieser auch an der zweiten Kompensatorfläche 34 anliegt. Die Kompensatorflächen 16, 34 und die Druckstufe 12 sind so aufeinander abgestimmt, dass sich im Ausgangszustand an der Düsennadel 5 bzw. an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsennadel 5 eine resultierende

Kraft einstellt, die in der Schließrichtung 17 wirkt. Dementsprechend ist die Düsenadel 5 mit ihrer Nadelspitze 7 gegen den Dichtsitz 8 gedrückt. Darüber hinaus wirkt auch die Rückstellfeder 26 in die Schließrichtung und übt eine zusätzliche Schließkraft auf die Düsenadel 5 aus.

Zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum 4 wird nun der Aktor 19 betätigt, derart, dass der Steuerkolben 18 wieder einen Öffnungshub 31 ausführt. Hierbei dringt der Steuerkolben 18 mit seiner ersten Steuerfläche 21 tiefer in den ersten Steuerraum 23 ein, wodurch das Volumen des ersten Steuerraums 23 abnimmt. Hierdurch entsteht im ersten Steuerraum 23 ein Druckanstieg, der zum einen das Einspeisventil 37 sperrt und dadurch ein Entweichen des Kraftstoffs vom ersten Steuerraum 23 durch die Einspeisleitung 36 in die Zuführungsleitung 9 verhindert. Zum anderen pflanzt sich der ansteigende Druck vom ersten Steuerraum 23 unmittelbar in den ersten Kompensatorraum 24 fort. Dementsprechend steigt auch der Druck an der ersten Kompensatorfläche 16, so dass die in der Öffnungsrichtung 15 wirksamen Kräfte an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsenadel 5 zunehmen. Im Unterschied dazu bleibt der Druck im zweiten Kompensatorraum 35 konstant, so dass die in Schließrichtung wirksamen Kräfte auf die Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsenadel 5 konstant bleiben. Der durch den Öffnungshub 31 bewirkte Druckanstieg ist so hoch, dass sich die Kräftebilanz an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsenadel 5 dahingehend ändert, dass nunmehr eine in Öffnungsrichtung 15 wirksame resultierende Kraft entsteht. Folglich hebt die Düsenadel 5 von ihrem Dichtsitz 8 ab und das wenigstens eine Spritzloch 3 kommuniziert mit der Zuführungsleitung 9. Dementsprechend wird Kraftstoff durch das wenigstens eine Spritzloch 3 in den Brennraum 4 eingedüst.

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird der Aktor 19 zum Zurückstellen des Steuerkolbens 18 betätigt, wobei die Rückstellbewegung des Steuerkolbens 18 durch die Feder 38 unterstützt wird. Hierbei wird das Volumen des ersten Steuerraums 23 wieder vergrößert, so dass in entsprechendem Maßen auch der Druck im ersten Steuerraum 23 wieder abfällt. Dieser Druckabfall pflanzt sich über den ersten Hydraulikpfad 22 wieder bis zum ersten Kompensatorraum 24 fort. Der damit einhergehende Druckabfall an der ersten Kompensatorfläche 16 führt im folgenden erneut zu einer Änderung der Kräftebilanz an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsennadel 5, dahingehend, dass wieder eine in Schließrichtung 17 wirksame resultierende Kraft entsteht. Die resultierende Druckkraft treibt somit unterstützt durch die Rückstellfeder 26 die Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsennadel 5 in die Schließstellung der Düsennadel 5 an. Sobald die Nadelspitze 7 wieder in ihren Dichtsitz 8 einfährt, ist das wenigstens eine Spritzloch 3 wieder von der Zuführungsleitung 9 getrennt, so dass der Einspritzvorgang beendet ist.

Auch die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform zeichnet sich durch einen besonders einfachen Aufbau aus und arbeitet mit einer direkten Ansteuerung der Düsennadel 5. Im Unterschied zu der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform wird bei der Variante gemäß Fig. 2 zum Öffnen der Düsennadel 5 der Druck an der ersten Kompensatorfläche 16 erhöht.

Der Druck im ersten Steuerraum 23 und somit im ersten Kompensatorraum 24 kann beim Zurückstellen des Steuerkolbens 18 dabei im wesentlichen nicht unter den Kraftstoffhochdruck abfallen, da die Einspeisleitung 36 durch das entsprechende arbeitende Einspeisventil 37 einen entsprechenden Druckausgleich herbeiführt.

Fig. 3 zeigt eine dritte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1, wobei wegen der Übereinstimmungen mit den vorhergehenden Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 1 und 2 hinsichtlich Bauteilen und Funktionen auf das betreffend zu den Fig. 1 und 2 gesagte verwiesen und nachfolgend im wesentlichen nur die Unterschiede erläutert werden.

Entsprechend Fig. 3 ist bei der hier gezeigten Ausführungsform die erste Kompensatorfläche 16 am Kompensatorkolben 32 an einer vom wenigstens einen Spritzloch 3 abgewandten Seite angeordnet, so dass sie bei einer Druckbeaufschlagung in Schließrichtung 17 wirkt. Dementsprechend wirkt die gegenüberliegende zweite Kompensatorfläche 34 in Öffnungsrichtung 15. Die Rückstellfeder 26 ist bei dieser Ausführungsform dementsprechend im ersten Kompensatorraum 24 angeordnet und stützt sich am Düsenkörper 2 und an der ersten Kompensatorfläche 16 ab.

Das Einspeisventil 37 ist bei der hier gezeigten Ausführungsform so aufgebaut, dass es bei einem Druckabfall im ersten Steuerraum 23 sperrt und dadurch ein Nachfließen von Kraftstoff von der Zuführungsleitung 9 in den ersten Steuerraum 23 verhindert. Eine Federanordnung 41 im Einspeisventil 37 sorgt dabei dafür, dass das Einspeisventil 37 bei einem weniger stark ausfallenden Druckabfall noch öffnen kann, um einen Druckausgleich zwischen erstem Steuerraum 23 und Zuführungsleitung 9 zu ermöglichen.

Zusätzlich oder alternativ zum Einspeisventil 37 könnte die Einspeisleitung 36 auch eine Drosselstelle enthalten, die entsprechend dem gedrosselten Steuerkolbenbypass 30 der in Fig. 1 gezeigten Variante bei dynamischen Vorgängen den zweiten Hydraulikpfad 29 quasi sperrt und einen

Druckausgleich ermöglicht, wenn quasi statische Zustände vorliegen.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform ist der Aktor 19 als Hohlaktor ausgebildet, der eine zentrale Durchgangsöffnung 42 enthält, durch welche die Antriebsstange 40 hindurchgeführt ist. Der Antriebskolben 39 ist dann an einer vom Steuerkolben 18 abgewandten Seite des Aktors 19 an der Antriebsstange 40 befestigt. Durch diese Bauweise kann der Aktor 19 im Unterschied zu den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen einen Öffnungshub 31 durchführen, der vom wenigstens einen Spritzloch 3 weggerichtet orientiert ist. Durch diese Bauweise wird der Steuerkolben 18 bei seinem Öffnungshub 31 somit in der Öffnungsrichtung 15 der Düsenadel 5 verstellt. Dies hat zur Folge, dass innerhalb der hydraulischen Kopplung zwischen Steuerkolben 18 und Kompensatorkolben 32 keine Kraftrichtungsumkehr erforderlich ist.

Die in Fig. 3 gezeigte dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1 arbeitet wie folgt:

In der in Fig. 3 gezeigten Ausgangslage ist die Düsenadel 5 geschlossen, d.h. ihre Nadelspitze 7 sperrt das wenigstens eine Spritzloch 3. An der Druckstufe 12 liegt der Kraftstoffhochdruck an. Ebenso herrscht im zweiten Kompensatorraum 35 der Kraftstoffhochdruck. Des Weiteren ist beim vorliegenden statischen Zustand der zweite Hydraulikpfad 29 aktiv, so dass ein Druckausgleich zwischen Zuführungsleitung 9 und erstem Steuerraum 23 stattfinden kann. Dementsprechend herrscht der Kraftstoffhochdruck auch im ersten Steuerraum 23. Über den ersten Hydraulikpfad 22 herrscht der Kraftstoffhochdruck folglich auch im ersten Kompensatorraum 24. An der ersten Kompensatorfläche 16, an der zweiten Kompensatorfläche 34 und an der Druckstufe 12

liegt somit jeweils derselbe Druck, nämlich der Kraftstoffhochdruck an. Da die erste Kompensatorfläche 16 größer ist als die Summe aus zweiter Kompensatorfläche 34 und Druckstufe 12 überwiegt die Schließkraft, so dass die Kräftebilanz an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsennadel 5 eine in Schließrichtung 17 wirksame resultierende Kraft ergibt. Hinzu kommt die in Schließrichtung wirkende Rückstellfeder 26.

0 Falls nun ein Einspritzvorgang durchgeführt werden soll, wird der Aktor 19 betätigt, so dass dieser den Steuerkolben 18 zur Durchführung des Öffnungshubs 31 antreibt. Der in der Öffnungsrichtung 15 wirkende Öffnungshub 31 bewirkt eine Vergrößerung des ersten Steuerraums 23, mit der Folge, dass im ersten Steuerraum 23 der Druck stark und schnell abfällt. Dieses dynamische Verhalten führt zum einen dazu, dass das Einspeisventil 37 sperrt und ein Nachfließen von Kraftstoff aus der Zuführungsleitung 9 in den ersten Steuerraum 23 verhindert. Über den ersten Hydraulikpfad 22 pflanzt sich zum anderen der sich im ersten Steuerraum 23 ausbildende Druckabfall bis in den ersten Kompensatorraum 24 fort. Dementsprechend reduziert sich die an der ersten Kompensatorfläche 16 in Schließrichtung 17 wirksame Kraft. Im Unterschied dazu herrscht an der Druckstufe 12 und an der zweiten Kompensatorfläche 34 nach wie vor der Kraftstoffhochdruck. Hierdurch ändert sich die Kräftebilanz an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsennadel 5 dahingehend, dass eine in Öffnungsrichtung wirkende resultierende Kraft entsteht. Dementsprechend hebt die Düsennadel 5 von ihrem Dichtsitz 8 ab, so dass der unter Hochdruck stehende Kraftstoff ungehindert zum wenigstens einen Spritzloch 3 gelangt und über dieses in den Brennraum 4 eingedüst wird.

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird nun der Aktor 19 so betätigt, dass er den Steuerkolben 18 wieder zurück verstellt. In der Folge verkleinert sich das Volumen des ersten Steuerraums 23, so dass dort der Druck wieder ansteigt. Die Federanordnung 41 im Einspeisventil 37 bewirkt gleichzeitig, dass im ersten Steuerraum 23 sehr schnell wieder der Kraftstoffhochdruck herrscht. Der durch die Rückstellung des Steuerkolbens 18 bewirkte Druckanstieg im ersten Steuerraum 23 wird durch den ersten Hydraulikpfad 22 unmittelbar in den ersten Kompensatorraum 24 übertragen, so dass die an der ersten Kompensatorfläche 16 wirksame Schließkraft wieder im wesentlichen bis auf den Ausgangswert ansteigt. Hinzu kommt die Kraftwirkung der Rückstellfeder 26. In der Folge ändert sich die Kräftebilanz an der Einheit aus Kompensatorkolben 32 und Düsenadel 5 erneut dahingehend, dass nunmehr wieder eine in Schließrichtung 17 wirksame resultierende Kraft entsteht. Dementsprechend fährt die Düsenadel 5 dann wieder in ihren Dichtsitz 8 ein und trennt das wenigstens eine Spritzloch 3 von der Zuführungsleitung 9.

Auch diese Ausführungsform zeichnet sich durch einen vergleichsweise einfachen Aufbau aus, wobei sie eine direkte Betätigung der Düsenadel 5 ermöglicht. Wie die Variante gemäß Fig. 1 wird auch bei dieser Ausführungsform zum Öffnen der Düsenadel 5 an der ersten Kompensatorfläche 16 ein Druckabfall erzeugt.

Fig. 4 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1, wobei wegen der Übereinstimmungen mit den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 1 bis 3 hinsichtlich Bauteilen und Funktionen auf das betreffend zu den Fig. 1 bis 3 gesagte verwiesen und nachfolgend im wesentlichen nur die Unterschiede erläutert werden.

Entsprechend Fig. 4 sind bei der hier gezeigten Variante die erste Steuerfläche 21 und die erste Kompensatorfläche 16 in einem gemeinsamen Umsetzraum 43 angeordnet und mit einem Druck beaufschlagbar. Dieser Umsetzraum 43 bildet somit sowohl den ersten Steuerraum 23 als auch den ersten Kompensatorraum 24. Bei dieser Bauweise ist der erste Hydraulikpfad 22 quasi innerhalb des Umsetzraums 43 ausgebildet.

Des Weiteren sind Steuerkolben 18 und Kompensatorkolben 32 koaxial ineinander geführt, so dass es möglich ist, die ersten Steuerfläche 21 und die erste Kompensatorfläche 16 radial nebeneinander benachbart anzuordnen. Erreicht wird dies bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform dadurch, dass der Steuerkolben 18 als Hohlkolben ausgebildet ist, der in seinem Inneren die Kompensatorkolbenführung 33 aufweist, so dass der Kompensatorkolben 32 im Inneren des Steuerkolbens 18 hubverstellbar geführt ist.

Im Inneren des Steuerkolbens 18 ist außerdem der zweite Kompensatorraum 35 ausgebildet, in dem hier die Rückstellfeder 26 angeordnet ist und der in Richtung zum wenigstens einen Spritzloch 3 durch die zweite Kompensatorfläche 34 begrenzt ist. Die Rückstellfeder 26 stützt sich im zweiten Kompensatorraum 35 einerseits am Steuerkolben 18 und andererseits am Kompensatorkolben 32 ab und erzeugt auf diese Weise an der aus Kompensatorkolben 32 und Düsenadel 5 gebildeten Einheit eine in Schließrichtung 17 wirkende Vorspannung und am Steuerkolben 18 eine in Öffnungsrichtung 15 wirkende Vorspannung.

Der Steuerkolben 18 enthält wenigstens eine Querbohrung 44, die den zweiten Kompensatorraum 35 mit einer Ringnut 45 verbindet. Diese Ringnut 45 kommuniziert über eine

Verbindungsleitung 46 mit der Zuführungsleitung 9. Dementsprechend herrscht im zweiten Kompensatorraum 35 stets der Kraftstoffhochdruck.

5 Der zweite Hydraulikpfad 29 kann wie bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 wieder durch einen Steuerkolbenbypass 30 ausgebildet sein, der zwischen dem Steuerkolben 18 und der Steuerkolbenführung 20 angeordnet ist und hier die Ringnut 45 mit dem Umsetzraum 43 kommunizierend verbindet.

0 Zusätzlich oder alternativ kann auch ein Kompensatorkolbenbypass 47 vorgesehen sein, der radial zwischen dem Kompensatorkolben 32 und der Kompensatorkolbenführung 33 ausgebildet ist und der den zweiten Kompensatorraum 35 mit dem Umsetzraum 43 5 kommunizierend verbindet. Der Steuerkolbenbypass 30 bzw. der Kompensatorkolben 47 ist/sind jeweils gedrosselt ausgestaltet, so dass nur bei quasi statischen Zuständen ein Druckausgleich zwischen dem Umsetzraum 43 einerseits und dem zweiten Kompensatorraum 35 und/oder der Ringnut 45 0 andererseits erfolgt, während bei dynamischen Zuständen der jeweilige Bypass 30, 47 quasi gesperrt ist.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 ist der Kompensatorkolben 32 über eine Kolbenstange 48 mit der Düsenadel 5 verbunden. Im Übergangsbereich zwischen Kolbenstange 48 und Düsenadel 5 ist ein erster Leckageraum 49 ausgebildet, der über eine Leckageleitung 50 zu einem relativ drucklosen Reservoir, insbesondere Kraftstofftank, führt. Auf diese Weise können Leckagen, die entlang der Kolbenstange 48 vom Umsetzraum 43 in den ersten Leckageraum 49 oder vom Düsenraum 10 entlang der Düsenadel 5 in den ersten Leckageraum 49 gelangen, abgeführt werden, ohne dass es dabei zu kritischen Wechselwirkungen mit anderen 30 Komponenten der Einspritzdüse 1 kommt.

Die Einspritzdüse 1 enthält außerdem einen zweiten Leckageraum 51, der ebenfalls an die Leckageleitung 50 angeschlossen ist und an der vom Umsetzraum 43 entgegengesetzten Seite des Steuerkolbens 18 im Düsenkörper 2 angeordnet ist. Leckagen, die von der Ringnut 45 entlang des Steuerkolbens 18 in den zweiten Leckageraum 51 gelangen, können so gefahrlos für den Aktor 19 abgeführt werden.

Die in Fig. 4 gezeigte vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1 arbeitet wie folgt:

In der Fig. 4 gezeigten Ausgangsstellung ist die Düsenadel 5 geschlossen, d.h. ihre Nadelspitze 7 sitzt im Dichtsitz 8 und sperrt somit das wenigstens eine Spritzloch 3 von der Zuführungsleitung 9 ab. In diesem Ausgangszustand ist die Druckstufe 12 mit dem Kraftstoffhochdruck beaufschlagt. Des Weiteren herrscht im zweiten Kompensatorraum 25 ebenfalls der Kraftstoffhochdruck. Über den zweiten Hydraulikpfad 29, also über den Steuerkolbenbypass 30 und/oder über den Kompensatorkolbenbypass 47 stellt sich im Umsetzraum 43 somit auch der Kraftstoffhochdruck ein. Im Ausgangszustand führt die Kräftebilanz an der aus Kompensatorkolben 32, Düsenadel 5 und Kolbenstange 48 gebildeten Einheit zu einer in Schließrichtung 17 wirkenden resultierenden Kraft. Dementsprechend ist die Düsenadel 5 mit einer entsprechenden Schließkraft in ihren Dichtsitz 8 gepresst.

Zur Durchführung eines Einspritzvorgangs wird nun der Aktor 19 so betätigt, dass er den Steuerkolben 18 zur Durchführung des Öffnungshubs 31 antreibt. Der Öffnungshub 31 ist hier wieder in Richtung des wenigstens einen Spritzlochs 3 orientiert, d.h., der Steuerkolben 18 dringt mit seiner ersten Steuerfläche 21 in den Umsetzraum 43 ein. In der Folge kommt es im Umsetzraum 43 zu einem Druckanstieg, der unmittelbar an der ersten Kompensatorfläche 16 angreift. Da

der Öffnungshub 31 mit einer hohen Dynamik erfolgt, kann der im Umsetzraum 43 ansteigende Druck über die gedrosselten Bypass-Wege 30, 47 nicht entweichen und ist somit unmittelbar an der ersten Kompensatorfläche 16 wirksam. Der Druckanstieg im Umsetzraum 43 hat daher zur Folge, dass sich die Kräftebilanz an der die Düsenadel 5 umfassenden Einheit dahingehend ändert, dass nunmehr eine in Öffnungsrichtung 15 wirksame resultierende Kraft entsteht. Dementsprechend hebt die Düsenadel 5 von ihrem Dichtsitz 8 ab. Folglich kann der unter Hockdruck stehende Kraftstoff zum wenigstens einen Spritzloch 3 gelangen und kann durch dieses in den Brennraum 4 eingedüst werden.

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird der Aktor 19 zum Zurückstellen des Steuerkolbens 18 angesteuert, der dementsprechend aus dem Umsetzraum 43 zurückfährt. In der Folge sinkt im Umsetzraum 43 der Druck rasch ab. Die Dynamik des Druckabfalls verhindert auch hier einen Druckausgleich über den gedrosselten zweiten Hydraulikpfad 29, so dass der Druckabfall unmittelbar auch an der ersten Kompensatorfläche 16 wirksam ist. In der Folge ändert sich wieder die Kräftebilanz an der die Düsenadel 5 umfassenden Einheit, derart, dass wieder eine in Schließrichtung 17 wirkende resultierende Kraft entsteht. Die Düsenadel 5 fährt dann wieder in ihren Dichtsitz 8 ein und sperrt das wenigstens eine Spritzloch 3. Auch diese Ausführungsform ermöglicht eine direkte Ansteuerung der Düsenadel 5, wobei der hierzu erforderliche Aufwand relativ gering gehalten ist.

Fig. 5 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1, wobei wegen der Übereinstimmungen mit den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen gemäß der Fig. 1 bis 4 hinsichtlich Bauteilen und Funktionen auf das betreffend zu den Fig. 1

bis 4 gesagte verwiesen und nachfolgend im wesentlichen nur die Unterschiede erläutert werden.

Bei der Variante gemäß Fig. 5 ist für die erste Steuerfläche 21 und für die erste Kompensatorfläche 16 wieder ein gemeinsamer Umsetzraum 43 vorgesehen, der gleichzeitig als erster Steuerraum 23 und erster Kompensatorraum 24 dient und im wesentlichen den ersten Hydraulikpfad 22 bildet. Im Unterschied zu der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform ist bei der Variante gemäß Fig. 5 nicht der Steuerkolben 18, sondern der Kompensatorkolben 32 als Hohlkolben ausgebildet, so dass der Steuerkolben 18 zentrisch im Kompensatorkolben 32 hubverstellbar geführt ist. Dementsprechend ist die Steuerkolbenführung 20 an der Innenseite des Kompensatorkolbens 32 ausgebildet. Im Inneren des Kompensatorkolbens 32 ist außerdem wieder ein erster Leckageraum 54 angeordnet, in dem sich die Rückstellfeder 26 einerseits am Steuerkolben 18 und andererseits an einem Fortsatz 52 der Düsenadel 5 abstützt. Dieser Fortsatz 52 besitzt umfangsmäßig verteilt mehrere Längsnuten 53, über die der erste Leckageraum 54 mit einem zweiten Leckageraum 55 kommuniziert, der an eine Leckageleitung 56 angeschlossen ist. Die Leckageleitung 56 führt wie zuvor in ein relativ druckloses Reservoir.

Im Bereich des zweiten Leckageraums 55 ist der Kompensatorkolben 32 über Zapfen 57 mit der Düsenadel 5 antriebsgekoppelt. Wie bereits weiter oben zu der Variante gemäß Fig. 1 erläutert, reicht es aus, wenn der Kompensatorkolben 32 so mit der Düsenadel 5 antriebsgekoppelt ist, dass lediglich Druckkräfte übertragen werden können. Insbesondere kann es dann ausreichend sein, wenn der Kompensatorkolben 32 axial an den Zapfen 57 anliegt und diese axial an der Düsenadel 5 anliegen. Ebenso ist es zweckmäßig, die einzelnen Komponenten der gemeinsam

R. 304750

hubverstellbaren Einheit aus Kompensatorkolben 32, Zapfen 57 und Düsennadel 5 aneinander zu befestigen.

Der zweite Hydraulikpfad 29 ist bei der Variante gemäß Fig. 5 durch den Kompensatorkolbenbypass 47 geführt, der den Umsetzraum 43 mit der Ringnut 45 kommunizierend verbindet, wobei auch hier die hydraulische Kopplung über den zweiten Hydraulikpfad 29 gedrosselt erfolgt.

Die in Fig. 5 gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einspritzdüse 1 arbeitet wie folgt:

In dem in Fig. 5 gezeigten Ausgangszustand schließt die Düsennadel 5 das wenigstens eine Spritzloch 3, in dem die Nadelspitze 7 im Dichtsitz 8 sitzt. Da das wenigstens eine Spritzloch 3 stromab des Dichtsitzes 8 angeordnet ist, ist es somit von der Zuführungsleitung 9 getrennt. Die Druckstufe 12 ist permanent mit dem Kraftstoffhochdruck beaufschlagt, der über die Verbindungsleitung 46 auch in der Ringnut 45 herrscht. Da der Ausgangszustand statisch ist, ist der zweite Hydraulikpfad 29 aktiv, so dass durch den gedrosselten Kompensatorkolbenbypass 47 ein Druckausgleich zwischen Ringnut 45 und Umsetzraum 43 stattfindet.

Dementsprechend herrscht im Umsetzraum 43 ebenfalls der Kraftstoffhochdruck. Folglich stellt sich an der die Düsennadel 5 umfassenden hubverstellbaren Einheit eine Kräftebilanz ein, die zu einer in Schließrichtung 17 wirkenden resultierenden Kraft führt. Die Düsennadel 5 ist somit in ihren Dichtsitz 8 vorgespannt.

Zur Durchführung eines Einspritzvorgangs wird nun der Aktuator 19 betätigt, derart, dass der Steuerkolben 18 den Öffnungshub 31 durchführt. Der Steuerkolben 18 taucht somit tiefer in den Kompensatorkolben 32 ein, mit der Folge, dass sich die erste Steuerfläche 21 in Richtung des Öffnungshubs

R. 304750

31 verstellt. In der Folge kommt es im Umsetzraum 43 zu einem Druckabfall. Da der Öffnungshub 31 mit einer hohen Dynamik durchgeführt wird, kann über den Kompensatorkolbenbypass 47 kein ausreichender Druckausgleich stattfinden, so dass der zweite Hydraulikpfad 29 quasi gesperrt ist. Dementsprechend kann sich der im Umsetzraum 43 ausbildende Druckabfall unmittelbar auf die erste Kompensatorfläche 16 übertragen. Folglich verändert sich die Kräftebilanz an der die Düsennadel 5 enthaltenden hubverstellbaren Einheit, derart, dass sich eine in Öffnungsrichtung 15 wirksame resultierende Kraft einstellt. Dementsprechend hebt die Düsennadel 5 von ihrem Dichtsitz 8 ab. Somit ist das wenigstens eine Spritzloch 3 mit der Zuführungsleitung 9 verbunden, so dass der unter Hochdruck stehende Kraftstoff durch das wenigstens eine Spritzloch 3 in den Brennraum 4 eindüst.

Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird der Aktor 19 entsprechend zum Zurückfahren des Steuerkolbens 18 betätigt. Hierbei kommt es im Umsetzraum 43 wieder zu einem Druckanstieg der sich aufgrund des dabei deaktivierten zweiten Hydraulikpfads 29 unmittelbar auf die erste Kompensatorfläche 16 überträgt. Hierdurch verändert sich wiederum die Kräftebilanz an der Düsennadel 5, so dass sich eine in Schließrichtung 17 wirkende resultierende Kraft ausbildet. In der Folge fährt die Düsennadel 5 wieder in ihren Dichtsitz 8 ein und trennt erneut das wenigstens eine Spritzloch 3 von der Zuführungsleitung 9.

Auch diese Ausführungsform ermöglicht eine direkte Ansteuerung der Düsennadel 5 bei einem gleichzeitig relativ einfachen Aufbau.

R. 304750

23.04.03

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

0

**Ansprüche**

1. Einspritzdüse für eine Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Kraftfahrzeug,
  - mit einem Düsenkörper (2), der mindestens ein Spritzloch (3) aufweist,
  - mit einer in einer Nadelführung (6) des Düsenkörper (2) geführten Düsenadel (5), mit der die Einspritzung von Kraftstoff durch das wenigstens eine Spritzloch (3) steuerbar ist,  
dadurch gekennzeichnet,
  - dass ein mit einem Aktor (19) antriebsgekoppelter Steuerkolben (18) vorgesehen ist, der eine erste Steuerfläche (21) aufweist,
  - dass die Düsenadel (5) eine erste Kompensatorfläche (16) aufweist oder mit einem eine erste Kompensatorfläche (16) aufweisenden Kompensatorkolben (32) antriebsgekoppelt ist,
  - dass die erste Kompensatorfläche (16) über einen ersten Hydraulikpfad (22) mit der ersten Steuerfläche (21) hydraulisch gekoppelt ist,
  - dass die erste Steuerfläche (21) über einen zweiten Hydraulikpfad (29) mit einer Zuführungsleitung (9) hydraulisch koppelbar ist, die dem wenigstens einen

Spritzloch (3) unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuführt.

2. Einspritzdüse nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Düsenadel (5) eine Druckstufe (12) aufweist, die permanent mit der Zuführungsleitung (9) hydraulisch verbunden ist.

3. Einspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Steuerkolben (18) zum Öffnen der Düsenadel (5) so betätigt wird, dass an der ersten Kompensatorfläche (16) der anliegende Druck abfällt.

4. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der erste Hydraulikpfad (22) durch einen ersten Steuerraum (23), in dem die erste Steuerfläche (21) angeordnet ist, durch einen ersten Kompensatorraum (24), in dem die erste Kompensatorfläche (16) angeordnet ist, und durch eine Verbindungsleitung (25) führt, über die der erste Steuerraum (23) mit dem ersten Kompensatorraum (24) kommuniziert.

5. Einspritzdüse nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
- dass der Steuerkolben (18) eine zweite Steuerfläche (27) aufweist, die in einem zweiten Steuerraum (28) angeordnet ist, der mit der Zuführungsleitung (9) kommuniziert,  
- dass der zweite Hydraulikpfad (29) durch den ersten Steuerraum (23) und durch einen gedrosselten Steuerkolbenbypass (30) führt, der zwischen dem Steuerkolben (18) und einer Steuerkolbenführung (20)

ausgebildet ist und den ersten Steuerraum (23) mit dem zweiten Steuerraum (28) hydraulisch verbindet.

6. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass der Kompensatorkolben (32) eine zweite Kompensatorfläche (34) aufweist, die in einem zweiten Kompensatorraum (35) angeordnet ist, der mit der Zuführungsleitung (9) kommuniziert,
- dass die beiden Kompensatorflächen (16, 34) bei Druckbeaufschlagung entgegengesetzt wirken.

7. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass der Steuerkolben (18) über eine Antriebsstange (40) mit dem Aktor (19) antriebsgekoppelt ist,
- dass der Aktor (19) als Hohlaktor ausgebildet ist, durch den die Antriebsstange (40) zentral hindurch geführt ist,
- dass die Antriebsstange (40) an einer vom Steuerkolben (18) abgewandten Seite des Aktors (19) einen vom Aktor (19) antreibbaren Antriebskolben (39) trägt,
- dass der Aktor (19) so ausgebildet und angeordnet ist, dass er bei seiner Betätigung den Antriebskolben (39) in einer Öffnungsrichtung (15) der Düsenadel (5) antreibt.

8. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1, 2 und 7,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass die erste Steuerfläche (21) und die erste Kompensatorfläche (16) in einem gemeinsamen Umsetzraum (43) angeordnet sind,
- dass der Steuerkolben (18) und der Kompensatorkolben (32) koaxial ineinander geführt sind.

9. Einspritzdüse nach den Ansprüchen 6 und 8,  
dadurch gekennzeichnet,

R. 304750

dass der zweite Kompensatorraum (35) im Steuerkolben (18) ausgebildet ist und durch den Steuerkolben (18) hindurch mit der Zuführungsleitung (9) kommuniziert.

5 10. Einspritzdüse nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der zweite Hydraulikpfad (29) durch einen  
Steuerkolbenbypass (30), der zwischen dem Steuerkolben (18)  
und einer Steuerkolbenführung (20) ausgebildet ist, und/oder  
0 durch einen Kompensatorkolbenbypass (47), der zwischen dem  
Kompensatorkolben (32) und einer Kompensatorkolbenführung  
(33) ausgebildet ist, führt.

23.04.03

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

0

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einspritzdüse (1) für eine Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Kraftfahrzeug, mit einem Düsenkörper (2), der mindestens ein Spritzloch (3) aufweist, und mit einer in einer Nadelführung (6) geführten Düsenadel (5), mit der die Einspritzung von Kraftstoff durch das Spritzloch (3) steuerbar ist.

Für die Einspritzdüse (1) kann ein besonders einfacher Aufbau erreicht werden, wenn ein mit einem Aktor (19) antriebsgekoppelter Steuerkolben (18) eine erste Steuerfläche (21) aufweist, wenn die Düsenadel (5) eine Kompensatorfläche (16) aufweist, die über einen ersten Hydraulikpfad (22) mit der ersten Steuerfläche (21) hydraulisch gekoppelt ist, und wenn die erste Steuerfläche (21) über einen zweiten Hydraulikpfad (29) mit einer Zuführungsleitung (9) hydraulisch koppelbar ist, die dem Spritzloch (3) unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuführt.

(Fig. 1)

R. 304750

23.04.03

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

0

Bezugszeichenliste

1	Einspritzdüse
2	Düsenkörper
3	Spritzloch
4	Brennraum
5	Düsennadel
6	Nadelführung
7	Nadelspitze
8	Dichtsitz
9	Zuführungsleitung
10	Düsenraum
11	Ringraum
12	Druckstufe
13	Führungsfläche
14	Dichtfläche
15	Öffnungsrichtung der Düsennadel
16	erste Kompensatorfläche
17	Schließrichtung der Düsennadel
18	Steuerkolben
19	Aktor
20	Steuerkolbenführung
21	erste Steuerfläche
22	erster Hydraulikpfad

- 23 erster Steuerraum
- 24 erster Kompensatorraum
- 25 Verbindungsleitung
- 26 Rückstellfeder
- 5 27 zweite Steuerfläche
- 28 zweiter Steuerraum
- 29 zweiter Hydraulikpfad
- 30 Steuerkolbenbypass
- 31 Öffnungshub
- 10 32 Kompensatorkolben
- 33 Kompensatorkolbenführung
- 34 zweite Kompensatorfläche
- 35 zweiter Kompensatorraum
- 36 Einspeisleitung
- 15 37 Einspeisventil
- 38 Feder
- 39 Antriebskolben
- 40 Antriebsstange
- 41 Federanordnung
- 20 42 Durchgangsöffnung
- 43 Umsetzraum
- 44 Querbohrung
- 45 Ringnut
- 46 Verbindungsleitung
- 25 47 Kompensatorkolbenbypass
- 48 Kolbenstange
- 49 erster Leckageraum
- 50 Leckageleitung
- 51 zweiter Leckageraum
- 30 52 Fortsatz
- 53 Axialnut
- 54 erster Leckageraum
- 55 zweiter Leckageraum
- 56 Leckageleitung
- 35 57 Zapfen

R. 304 750

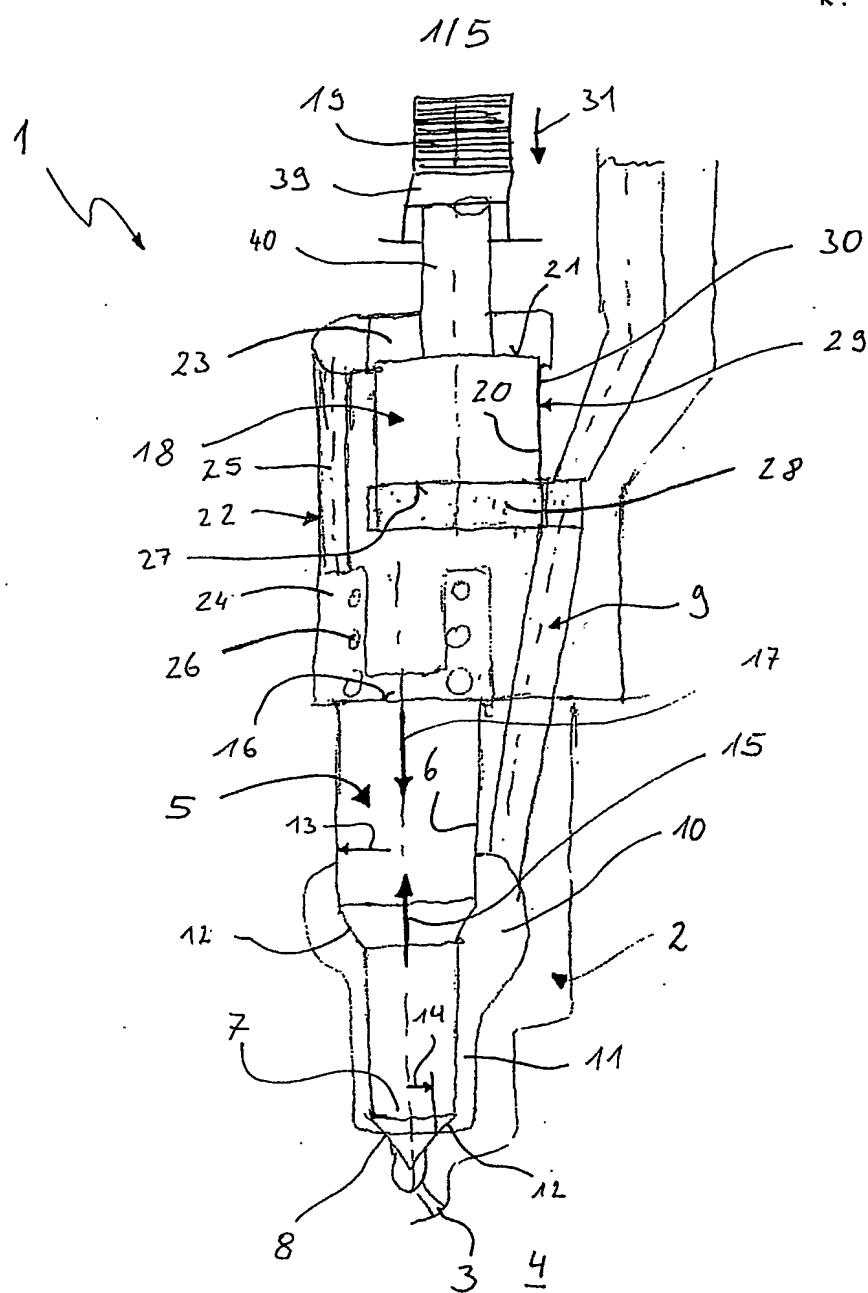


Fig. 1

**Best Available Copy**

R. 304 750

215

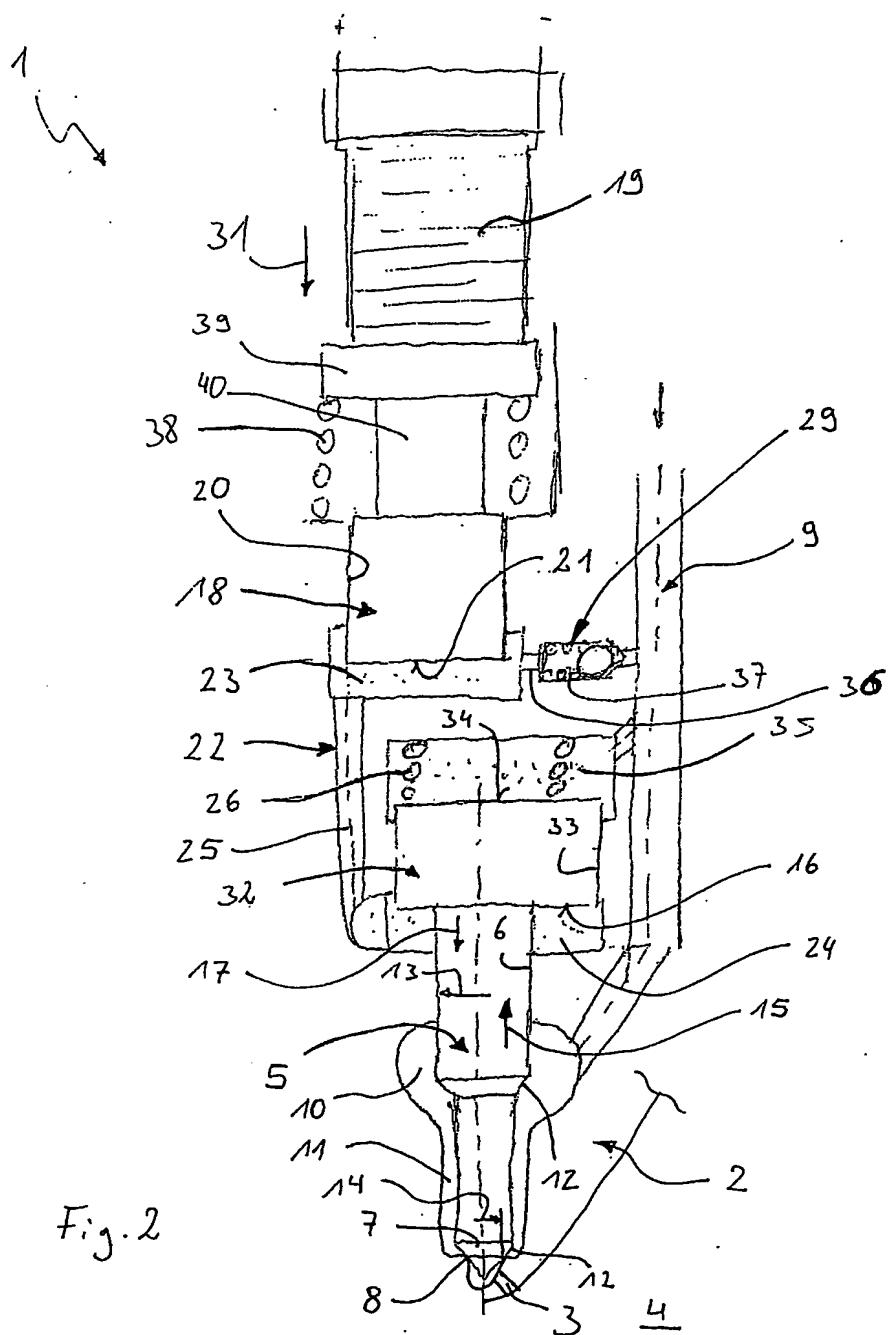


Fig. 2

Best Available Copy

315

R. 304 750

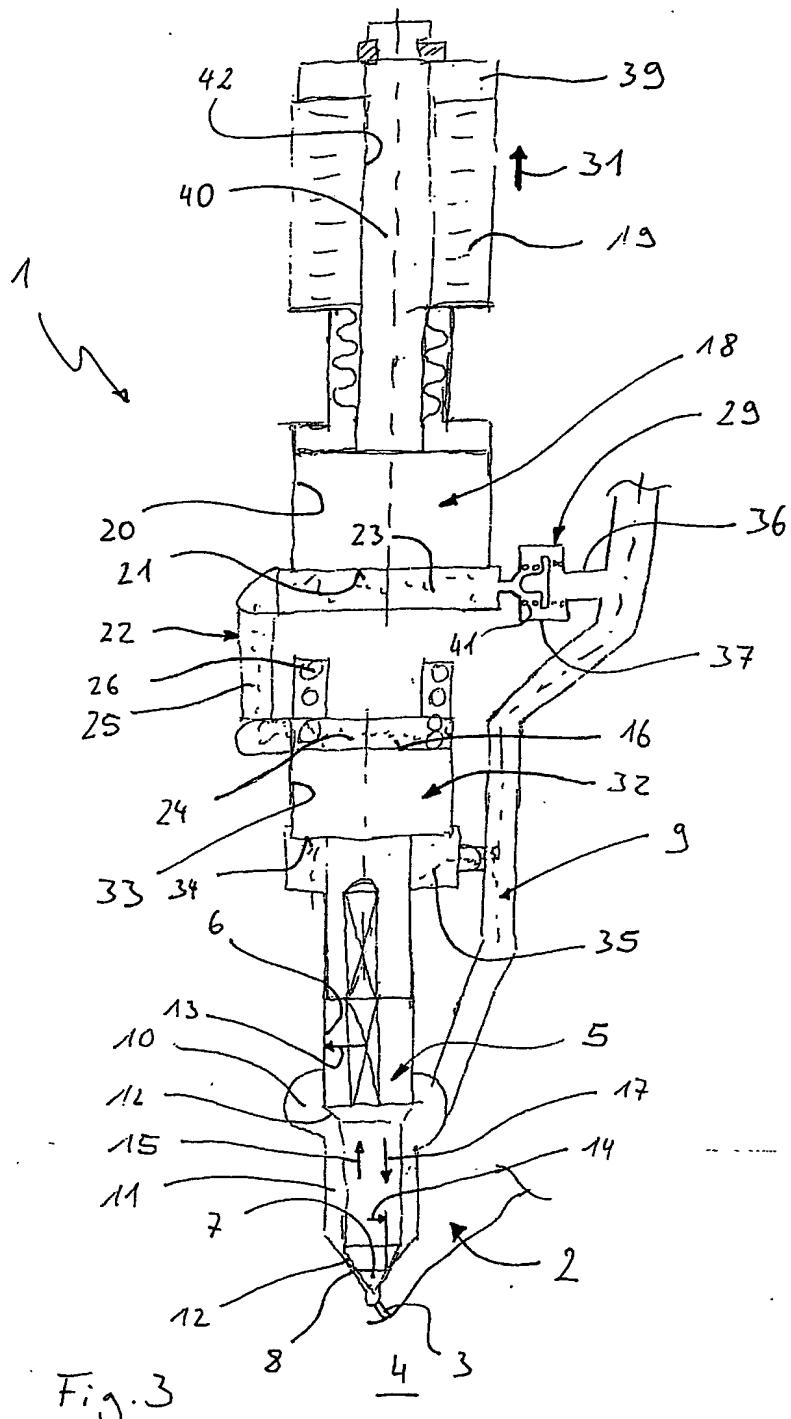


Fig. 3

4/5

R. 304750

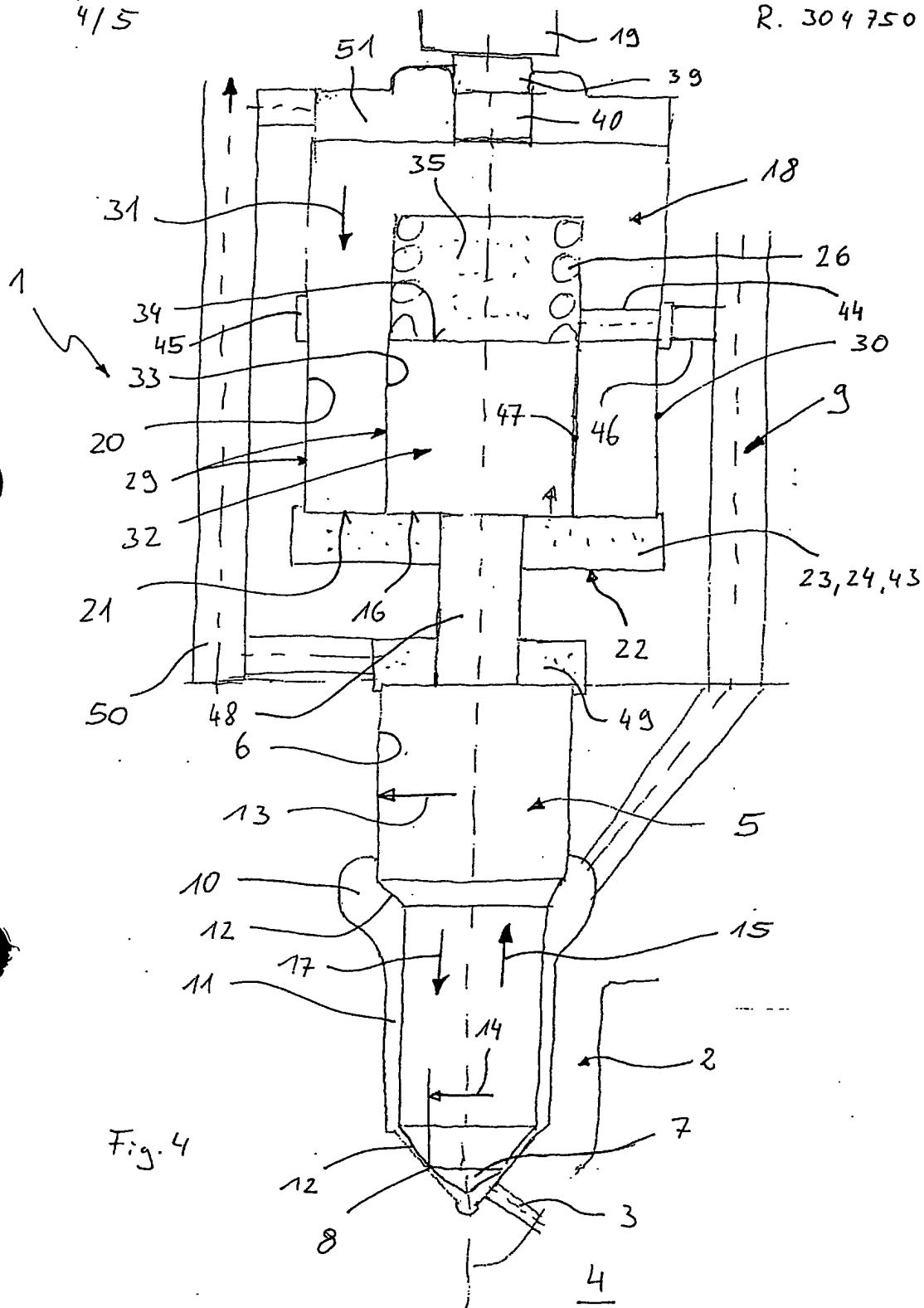


Fig. 4

R. 304 750

515

